

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

_____ С.В. Абламейко

(дата утверждения)

Регистрационный № УД-_____/р.

ГЕОТЕРМИЯ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ

**Учебная программа учреждения высшего образования по учебной
дисциплине для специальности:**

**1-51 01 01 Геология и разведка месторождений полезных
ископаемых**

2015 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта по специальности 1-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых», утвержденного и введенного в действие Постановлением Совета Министров РБ от 30.08.2013 г.

СОСТАВИТЕЛЬ.

В.И. Зуй, профессор кафедры инженерной геологии и геофизики географического факультета Белорусского государственного университета, доктор геолого-минералогических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.Г. Левашкевич, заместитель академика-секретаря отделения химии и наук о Земле, доктор геолого-минералогических наук;

В.Н. Астапенко, заведующий отделом геофизики Государственного предприятия “НПЦ по геологии”, доктор геолого-минералогических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой инженерной геологии и геофизики Белорусского государственного университета
(протокол № 9 от 16.04.2015 г.);

Учебно-методической комиссией географического факультета Белорусского государственного университета (протокол № от 2015 г.

Ответственный за выпуск: В.И. Зуй

І. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Геотермия подземной гидросферы» читается на 5 курсе по специализации 1-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых». Изучение данного предмета позволяет приобрести знания и практические навыки в области теплового состояния подземной гидросферы, о тепловых процессах, протекающих в различных геологических и гидрогеологических обстановках (континенты, моря и океаны, геологические структуры разного возраста и эволюции, гидрогеологические бассейны, массивы). В курсе дается представление об основных геотермических параметрах, определяющих тепловое состояние платформенного чехла и земной коры в целом, о формировании теплового потока под влиянием различных геологических процессов, о вкладе долгоживущих радиоактивных изотопов и о роли радиогенной теплогенерации в тепловой режим недр, о влиянии движения подземных вод на форму термограмм, об изменчивости интервальных значений наблюдаемого теплового потока. Рассматривается техническое оснащение, используемое при выполнении полевых и лабораторных исследований. Важное внимание уделяется сведениям о геотермальных ресурсах платформенного чехла и методам оценки плотности извлекаемых ресурсов подземного тепла. Даются сведения об использовании геотермальных ресурсов для выработки тепла и электроэнергии в разных регионах мира. Наконец, рассматриваются отдельные установки для использования подземного тепла в Беларуси на примере ряда действующих геотермальных объектов.

Цель изучения дисциплины: дать студентам сведения о геотермических условиях земных недр включая подземную гидросферу, ознакомить со связью геотермических параметров с геологическим строением земных недр и гидрогеологическими особенностями различных геологических структур, ознакомить с экологически чистым источником природного тепла и возможностями его практического использования. сформировать представление об особенностях формирования геотермического поля в разных геолого-гидрогеологических условиях и регионах как Восточно-Европейской платформы, так и мира в целом, а также – о приемах оценки возобновляемых геотермальных ресурсов и использовании геотермальной энергии для практических нужд, с примерами решения разнообразных теоретических и практических задач.

Выпускник должен:

знать:

- содержание понятия «геотермия подземной гидросферы»;
- основные геотермические параметры, характеризующие тепловое поле платформенного чехла и земной коры в целом;
- различия и особенности формирования теплового режима в массивах горных пород включая подземную гидросферу в различных геолого-гидрогеологических условиях;
- роль и вклад радиогенной теплогенерации за счет распада долгоживущих радиоактивных изотопов в формирования теплового потока в земной коре;

влияние движения подземных вод, в частности – инфильтрации и восходящей фильтрации подземных вод на формирование термограмм и интервальных значений теплового потока в геологическом разрезе;

основные отличия в формировании геотермических условий в различных тектонических обстановках и разновозрастных блоках земной коры, в том числе – на континентах, в морях и океанах;

формирование ресурсов геотермальной энергии и приемы оценки извлекаемых ресурсов подземного тепла;

приемы практического использования возобновляемых ресурсов геотермальной энергии для выработки электроэнергии, отопления зданий, горячего водоснабжения, сушки, промышленного и сельскохозяйственного применения, в том числе – в Беларуси;

уметь:

определять по термограммам и выделять геотермические аномалии повышенных и пониженных значений температуры, геотермического градиента и теплового потока в различных природно-геологических условиях и типах структур;

объяснить отличительные особенности формирования теплового поля в геолого-гидрогеологических структурах разного типа и их связь с особенностями геологического строения и эволюции каждой из изучаемых структур;

выполнять подсчет плотности извлекаемых ресурсов геотермальной энергии, предложить оптимальный метод ее извлечения для использования в практических целях;

делать прогноз по перспективам использования геотермальных ресурсов в пределах глубоких депрессий и положительных структур;

выделять зоны влияния инфильтрации на вертикальную изменчивость геотермических параметров (температура, геотермический градиент, тепловой поток).

На изучение дисциплины «Геотермия подземной гидросферы» для специальности «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» по специальности 1-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» отводится всего 50 часов, в том числе 40 аудиторных часов: лекции – 26 часов, семинарско-практические занятия – 10 часов; контролируемая самостоятельная работа – 2 часа. На проверку контрольных самостоятельных работ и зачеты отводится по 6 часов. Изложение дисциплины завершается принятием зачета.

II. ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

/п	Название разделов и тем	Лекций	Практических	КСР	Лабораторные
1.	Введение, развитие и становление дисциплины	2			
2.	Виды теплопередачи в Земле и их роль в различных геосферах. основные геотермические параметры и их использование	2	2		
3.	Связь геотермических и других геофизических параметров, аппаратура и методика геотермических исследований	6	2		
4.	Геотермическое поле Беларуси	6	2	2	
5.	Геотермическое поле глубоких горизонтов	2	2		
6.	Конвективный теплоперенос	2			
7.	Региональная геотермия континентов	4			
8.	Геотермальная энергия, состояние проблемы	2	2		
	ИТОГО	26	8	4	

III. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. ВВЕДЕНИЕ, РАЗВИТИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Сущность и история развития дисциплины «геотермия подземной гидросферы». Определение понятия «Региональная геотермия». Место предмета среди других дисциплин. Предмет и задачи курса «Геотермия подземной гидросферы». Этапы развития геотермических исследований, роль советских, отечественных и зарубежных ученых в развитии изучаемого предмета. Развитие геотермических исследований в Беларуси. Общие методологические принципы и подходы. Методы получения и использования исходной информации.

1.2. ОСНОВЫ ГЕОТЕРМИИ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ

Понятие о теоретической геотермии, региональное геотермическое поле континентов и океанов, прикладные геотермические исследования на континентах, генерации тепла в земных недрах и естественный вынос тепла из недр к земной поверхности, аппаратурно-методическое обеспечение геотермических исследований в скважинах, морях и океанах. Основы геотермического районирования. Понятие о геотермических аномалиях повышенных и пониженных значений температуры, геотермического градиента и плотности теплового потока.

2. ВИДЫ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В ЗЕМЛЕ И ИХ РОЛЬ В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОСФЕРАХ. ОСНОВНЫЕ ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Виды теплопередачи в Земле и их роль в различных геосферах. Соотношение теплопроводности и электропроводности горных пород. Понятие о теплопроводности, фононная, решеточная, экситонная теплопроводность и ее изменение под действием температуры, понятие о дебаевской температуре (T_D). Механизмы теплопередачи, конвективный, кондуктивный и радиационный механизмы теплопередачи. Основные параметры геотермического поля: геотермический градиент, коэффициенты теплопроводности, температуропроводности, теплоемкости, плотность теплового потока, величина теплогенерации. Теплопроводность минералов и горных пород. Стационарные и нестационарные методы определения теплопроводности. Понятие о кондуктивном тепловом потоке. Методы определения теплового потока. Теплоперенос при движении подземных вод.

3. СВЯЗЬ ГЕОТЕРМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ, АППАРАТУРА И МЕТОДИКА ГЕОТЕРМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Соотношение геотермических и сейсмических данных. Влияние температурного фактора на распределение сейсмических скоростей на границе Мохоровичича. Соотношение теплового потока и мощности земной коры. Коровая и мантийная компоненты теплового потока. Генерация тепла в земной коре и соотношение наблюдаемого теплового потока с теплогенерацией. Тепловой поток и мощность земной коры. Тепловой поток и возраст земной коры. Соотношение геотермических и гравимагнитных данных. Скважинная и морская геотермическая аппаратура. типы термодатчиков, их достоинства и недостатки. Применяемые разновидности геотермических зондов. Автоматизированные термоградиент-зонды. Зонд ГЕОС, разработанный в ОНИЛ "Океанприбор", его погружная и надводная части. Геотермические измерения с подводных обитаемых аппаратов. Принцип действия тепломеров и их применение для прямого определения теплового потока в скважинах. Расчет распределения температуры в земной коре и литосфере.

4. ГЕОТЕРМИЧЕСКОЕ ПОЛЕ БЕЛАРУСИ

Особенности изучения геотермических условий земных недр Беларуси. Геотермическая изученность региона. Краткая история геотермического изучения Беларуси. Первые кондиционные измерения температуры на территории Беларуси. Характерные термограммы скважин, зарегистрированные в скважинах, расположенных в пределах различных блоков земной коры. Качество термограмм. Основные особенности геолого-тектонического строения региона. Карты распределения температуры на разных глубинах. Геотермический градиент и карты геотермического градиента. Тепловой поток и карта теплового потока Беларуси на фоне карты потока западной части Восточно-Европейской платформы. Понятие об интервальных и «глубинных» значениях теплового потока. Геотермические аномалии. Влияние структурных и теплофизических неоднородностей на формирование теплового потока. Геотермические аномалии, их краткая геолого-тектоническая интерпретация. Понятие о причинах возникновения геотермических аномалий. Локальные и региональные аномалии. Понятие о «нейтральном слое». Распределение температуры на глубине залегания «нейтрального слоя». Суточные, сезонные, годовые и вековые колебания температуры и их проникновение в недра. Влияние палеоклимата на тепловое поле верхних горизонтов. Гелиотермозона. Основные виды поправок при вычислении «глубинного» теплового потока. ТПФС-ВА

5. ТИПЫ ГЕОТЕРМИЧЕСКИХ КАРТ И ПРОФИЛЕЙ, ИХ НАЗНАЧЕНИЕ И МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ.

Типы геотермических карт и профилей, их назначение и методы построения. Геолого-тектоническая интерпретация геотермических аномалий. Искажение фонового геотермического поля за счет стационарных факторов: рельеф, структурно-теплофизические неоднородности. Искажения наблюдаемых значений потока за счет нестационарных факторов: эрозия, седиментация, образование надвигов. Влияние тепла тектонического трения.

Типы геотермических карт и профилей. Геотермические карты для выбранных глубин и срезов. Изотерма Кюри, изотермы солидуса базальта, мощности гелиотермозоны и др. Связь параметров геотермического поля с геологическим строением, гидрогеологическими условиями и параметрами других геофизических полей. Применение экстраполяции термограмм. Особенности картирования теплового потока. Учет независимой геологической информации: наличие пикативных и дизъюнктивных нарушений, проявления современного и палеовулканизма, гидротермальной деятельности, предгорные и межгорные прогибы, глубоководные желоба и т.д. Способ отображения теплового потока с помощью "лоскутного одеяла". Конвективная и кондуктивная теплопередача. Понятие о теплогенерации. Понятие о прямых и обратных задачах геотермии.

6. ГЕОТЕРМИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ

Распределение температуры в глубоких горизонтах платформенного чехла. Изменение геотермического градиента. Вертикальная изменчивость плотности теплового потока. Распределение температуры на глубинах 1, 2, 3 и 4 км в Припятском прогибе. Роль соляной тектоники в формировании геотермических аномалий. Тепловой поток Припятского прогиба и его связь с размещением залежей нефти. Тепловой поток и массивы гранитоидов в кристаллическом фундаменте. Влияние разломной тектоники на формирование геотермических аномалий. Понятие о радиогенной теплогенерации и роль долгоживущих радиоактивных элементов на формирование аномалий теплового потока.

7. КОНВЕКТИВНЫЙ ТЕПЛОПЕРЕНОС

Понятие о конвективном теплопереносе в различных тектонических структурах и его влияние на конвективную составляющую теплового потока. Понятие о гидротермальной системе. Особенности разгрузки термальных вод в областях современного вулканизма. Гидрохимические индикаторы глубинных температур. Использование изотопно-гелиевых данных для оценки теплового потока. Влияние магматизма, вулканизма, гидротермальных проявлений, диапиризма и складчатости на структуру теплового поля. Основные теплоносители (агенты теплопереноса) в земной коре. Затухание конвективного теплопереноса с глубиной и его смена кондуктивным теплопереносом. Термодинамические условия в активных поясах Земли и фазовый переход воды в пар. Понятие о гидротермальных системах Земли. Вынос глубинного тепла в литосфере. Тепло, выносимое подземными водами. Особенности выноса тепла в зонах питания и разгрузки подземных вод. Вынос тепла водами вулканических районов Земли. Тепловой поток в блоках земной коры разного возраста. Понятие о геотермометрах и определение прогнозных температур. Изотопный состав гелия и тепловой поток.

8. РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОТЕРМИЯ КОНТИНЕНТОВ (ЧАСТЬ 1)

Особенности теплового поля древних платформ. Основные структуры, изученные на Восточноевропейской платформе. Пример - карта распределения плотности теплового потока в западной части Восточноевропейской платформы. Краткая геотермическая характеристика Балтийского и украинского щитов, Воронежской и Белорусской антеклиз, Московской и Балтийской синеклиз, Прикаспийской впадины и Припятского прогиба. Роль толщ каменной соли. Краткие сведения о тепловом поле Сибирской платформы. Современный тепловой режим литосферы. Радиогенная теплогенерация в земной коре платформ. Основные компоненты измеренного теплового потока в стабильных континентальных областях. Провинции теплового потока. Модели уменьшающейся с глубиной теплогенерации (ступенчатая, линейная, экспоненциальная). "Коровая" и "мантийная" компоненты теплового потока, редицированный тепловой поток. Тепловое поле эпипалеозойских платформ.

9. РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОТЕРМИЯ КОНТИНЕНТОВ (ЧАСТЬ 2)

Тепловое поле молодых платформ. Особенности теплового поля фанерозойских складчатых поясов и континентальных рифтов. Тепловой поток в альпийских геосинклиналях, в зонах тектоно-магматической активизации. Особенности теплового поля фанерозойских складчатых поясов. Пример теплового поля палеозойских поясов - Центрально-Азиатского складчатого пояса. Тепловой поток в линейных и мозаичных зонах пояса. Уральский линейный складчатый пояс. Природа понижения теплового потока в линейных складчатых зонах. Модели надвигов и модели внедрения. Тепловое поле зоны современных континентальных рифтов. Байкальская рифтовая зона и ее тепловой поток, природа гидротермальной конвекции в озере. Тепловое поле тектонические структуры Кавказа, Карпат Закарпатского и Предкарпатского прогибов и областей орогенеза. Области тектоно-магматической активизации.

10. ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ, СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Геотермальная энергия. Геотермальные ресурсы и их плотность. Методика расчета плотности извлекаемых геотермальных ресурсов для малых глубин. Районы распространения высокоэнтальпийной геотермальной энергии. Подземный пар и пароводяная смесь. Технология извлечения геотермальной энергии из сухих горячих пород. Низкоэнтальпийная геотермальная энергия, ее распространение и ресурсы. Методы отбора подземного тепла и направления его практического использования. Технологические схемы отбора низкоэнтальпийного подземного тепла. Геотермальные установки Беларуси и соседних стран.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Формы контроля знаний
		лекции	практическо- семинарские занятия	лабораторные занятия	контролируемая самостоятельная работа			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Распределение учебных часов							
1.	Введение, развитие и становление дисциплины (2 ч.)	2						
2.	Виды теплопередачи в Земле и их роль в различных геосферах. основные геотермические параметры и их использование (2 х/)	2				На протяжении всего курса лекций используется более 100 рисунков, диаграмм, схем и карт с изображением для графической иллюстрации	1 - 3	Устная проверка знаний
3.	Связь геотермических и других геофизических параметров, аппаратура и методика геотермических исследований	6	2				1, 2, 4	
4.	Геотермическое поле Беларуси	6	2		1		1, 2, 3, 7	Устная проверка знаний
5.	Геотермическое поле глубоких горизонтов							

						материала по каждой лекции.		
6.	Конвективный теплоперенос	2	2		1	--«--	1, 2, 3,9	Устная проверка знаний
7.	Региональная геотермия континентов	4	2			--«--		
8.	Геотермальная энергия, состояние проблемы	2	2			--«--	1, 2, 4	Тестирован ие

IV. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Литература

Основная

№ п/п	Список литературы	Год издания
Основная		
1.	Хуторской М.Д. Основы геотермии. Учебное пособие. М. 156 с.	2004
2.	Богомолов, Г.В., Цыбуля Л.А., Атрощенко П.П. Геотермическая зональность территории БССР – Минск: Наука и техника. – 216 с.	1972
3	Зуй В.И. Тепловое поле платформенного чехла Беларуси. – Минск, 2013. 256 с	2013
4	Левашкевич В.Г. Геотермия запада Восточно-Европейской платформы. Минск: Беларус. навука, 153 с.	2013
Дополнительная		
5.	Богомолов Г.В. и др. Гидродинамика и геотермия нефтяных структур. Минск. Наука и техника. 240 С.	1975
6.	Geothermal Atlas of Europe / Members of the Working Group “Geothermal Atlas Of Europe” of the International Heat Flow Commission; editors: E. Hurtig, R. Haenel, V. Čermak, V. Zui. – Germany: Geographisch-Kartographische Anstalt Gotha. – Explanatory Note 156 p. + 36 maps.	1991
7.	G. Buntebarth. Geothermics. An introduction. Springer-Verlag. Berlin – Heidelberg – New York – Tokyo.	1984
8.	Атрощенко П.П. Геотермические условия северной части Припятской впадины. Минск, Наука и техника. 104 с.	1975
9.	Handbook of terrestrial heat-flow density determination: guidelines and recommendations of the International Heat Flow Commission / edited by: R. Haenel, L. Rybach, L. Stegena. – Dordrecht / Boston / London: Kluwer Academic Publishers. – 486 p.	1988

Приложение 1.

ПЕРЕЧЕНЬ СЕМИНАРСКО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ (10 часов)

1. Методика построение термограмм скважин.
2. Методика построения гистограмм по геотермической изученности, тепловым свойствам горных пород (коэффициентов теплопроводности, объемной теплоемкости, температуропроводности).
3. Примеры расчета интервальных значений плотности теплового потока.
4. Энергетический потенциал геотермальных вод.
5. Выделение геотермических аномалий распределения температуры и плотности теплового потока.

ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛИРУЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ (2 часа)

Построение геолого-геотермического разреза.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ГЕОТЕРМИЯ ПОДЗЕМНОЙ
ГИДРОСФЕРЫ»
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Гидрогеология	Инженерной геологии и геофизики	нет	
2. Общая геология	Динамическая геология	нет	

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ГЕОТЕРМИЯ ПОДХЕМНОЙ
ГИДРОСФЕРЫ»

на ____/____ учебный год

№ п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № __9__ от 16 апреля 2015 г.)

Заведующий кафедрой

(степень, звание)

(подпись)

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(степень, звание)

(подпись)

(И.О.Фамилия)